

## PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11)Publication number : 08-017714

(43)Date of publication of application : 19.01.1996

(51)Int.Cl.

H01L 21/027

H01J 37/09

(21)Application number : 06-151002

(71)Applicant : SANYO ELECTRIC CO LTD

(22)Date of filing : 01.07.1994

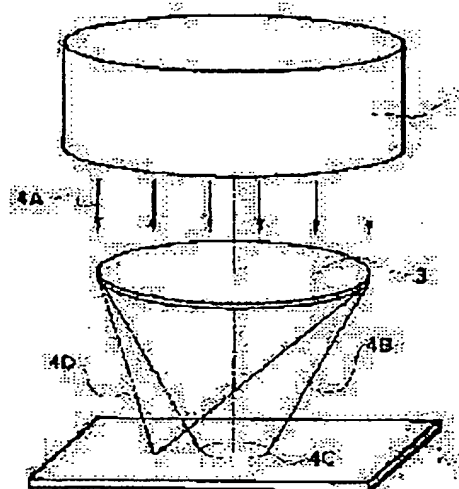
(72)Inventor : INAI MOTOHIKO

## (54) MICROSPOT FORMATION METHOD AND ITS EXECUTION

## (57)Abstract:

PURPOSE: To provide a microspot formation method which can form a microspot, by electromagnetic waves, whose size is very small, whose electromagnetic-wave intensity is high and whose depth of focus is deep and to provide a microspot formation apparatus which can form the microspot.

CONSTITUTION: In a microspot formation method, electromagnetic waves 4A which are sent out to a region around an absorber 3 are diffracted at the outer edge part of the absorber 3, and electromagnetic waves 4B which have crept to the rear side of the absorber 3 are converged. Since the electromagnetic waves 4A which are coherent are used, phases of the converged electromagnetic waves 4B coincide and interfere with each other, and their electromagnetic-wave intensity is increased. Inversely, since phases of electromagnetic waves 4D which are not converged do not coincide and interfere with each other, their electromagnetic-wave intensity is weakened. As a result, a microspot 4C is formed, the microspot 4C has a size which is much smaller than the working limit of the absorber 3, its electromagnetic-wave intensity is high, and its depth of focus is deep. In addition, in this invention, an electron beam can be used instead of the electromagnetic waves.



## LEGAL STATUS

[Date of request for examination] 22.06.2001

[Date of sending the examiner's decision of rejection]

[Kind of final disposal of application other than the examiner's decision of rejection or application converted registration]

[Date of final disposal for application]

[Patent number] 3416270

[Date of registration] 04.04.2003

[Number of appeal against examiner's decision of rejection]

[Date of requesting appeal against examiner's decision of rejection]

[Date of extinction of right]

(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号

特開平8-17714

(43) 公開日 平成8年(1996)1月19日

(51) Int. CL<sup>6</sup>

H 0 1 L 21/027

H 0 1 J 37/00

類別記号

序内整理番号

Z

P I

技術表示箇所

H 0 1 L 21/30

5 4 1 A

審査請求 未請求 請求項の数9 O L (全 11 頁)

(21) 出願番号

特願平6-151002

(22) 出願日

平成6年(1994)7月1日

(71) 出願人 000001889

三洋電機株式会社

大阪府守口市京阪本通2丁目5番5号

(72) 発明者 額井 基彦

大阪府守口市京阪本通2丁目5番5号 三

洋電機株式会社内

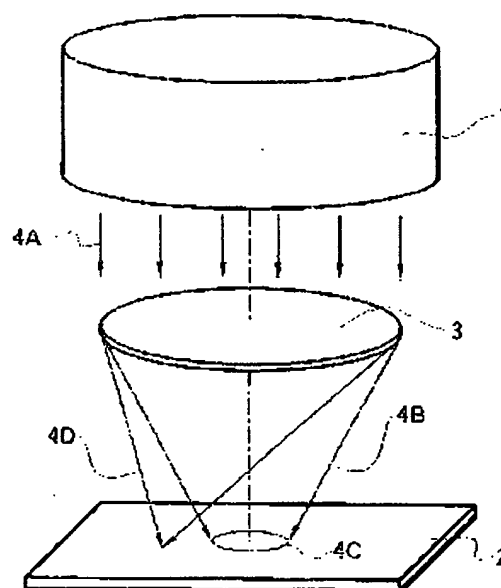
(74) 代理人 弁理士 宮田 研二 (外2名)

(54) 【発明の名称】 マイクロスポット形成方法及びその実施装置

(57) 【要約】

【目的】 微小サイズで高い電磁波強度を有し、かつ焦点深度が深い電磁波のマイクロスポットが形成できるマイクロスポット形成方法を提供する。さらに、上記マイクロスポットが形成できるマイクロスポット形成装置を提供する。

【構成】 マイクロスポット形成方法において、吸収体3の周囲の領域に照射された電磁波4Aが吸収体3の外縁部で回折され、吸収体3の裏面側に回り込んだ電磁波4Bが集束される。コヒーレントな電磁波4Aが使用されるので、集束された電磁波4Bの位相が互いに一致し干渉し、電磁波強度が高くなる。逆に集束されない電磁波4Dの位相が互いに一致せず干渉し合わないため、電磁波強度が弱くなる。結果的にマイクロスポット4Cが形成され、マイクロスポット4Cは吸収体3の加工限界よりも微小サイズを有し、高い電磁波強度を有し、しかも深い焦点深度を有する。また、本発明は電磁波に代えて電子線が使用できる。



(2)

特開平8-17714

1

【特許請求の範囲】

【請求項1】 電磁波又は電子線が吸収できる吸収体の外縁部から吸収体の周囲の領域に前記吸収体の表面に向かってコヒーレントな電磁波又は電子線を照射し、

前記吸収体の裏面側で前記電磁波又は電子線が吸収体で遮られ吸収体の影となる領域に前記吸収体の外縁部で回折された電磁波又は電子線を集束し、前記吸収体のサイズに比べて小さいサイズを有し、かつ電磁波又は電子線が集束される領域の周囲の電磁波強度又は電子線強度に比べて高い電磁波強度又は電子線強度を有する電磁波又は電子線のマイクロスポットを形成することを特徴とするマイクロスポット形成方法。

【請求項2】 前記請求項1に記載されるマイクロスポット形成方法において、前記コヒーレントな電磁波には可視光、レーザー光、X線のいずれかが使用されることを特徴とするマイクロスポット形成方法。

【請求項3】 前記請求項1又は請求項2に記載されるマイクロスポット形成方法において、前記吸収体には平面形状が三角形、四角形、五角形以上の多角形、円形若しくは楕円形又はそれらを組み合わせた対称形状の吸収体を使用されることを特徴とするマイクロスポット形成方法。

【請求項4】 前記請求項1乃至請求項3のいずれかに記載されるマイクロスポット形成方法において、前記吸収体の外周部には輪帯開口を介して電磁波又は電子線を遮断する遮断体が形成され、

前記吸収体の輪帯開口内を通過するコヒーレントな電磁波又は電子線が輪帯開口縁部で回折され、前記吸収体の裏面側で吸収体の影となる領域に前記吸収体の輪帯開口縁部で回折された電磁波又は電子線を集束し、電磁波又は電子線のマイクロスポットを形成したことを特徴とするマイクロスポット形成方法。

【請求項5】 前記請求項1乃至請求項4のいずれかに記載されるマイクロスポット形成方法において、前記電磁波又は電子線のマイクロスポットが試料に照射され、

前記試料に照射された電磁波の回折電磁波若しくは回折電子線、又は試料に照射された電磁波若しくは電子線により試料から発生する2次的な電磁波若しくは電子線が測定され、

前記電磁波又は電子線のマイクロスポットが試料の分析に使用されることを特徴とするマイクロスポット形成方法。

【請求項6】 前記請求項1乃至請求項4のいずれかに記載されるマイクロスポット形成方法において、

前記電磁波又は電子線のマイクロスポットが被加工体に照射され、

前記照射された電磁波又は電子線に基づいて被加工体がエッチングされ、

2

前記電磁波又は電子線のマイクロスポットが被加工体のエッチングに使用されることを特徴とするマイクロスポット形成方法。

【請求項7】 前記請求項1乃至請求項4のいずれかに記載されるマイクロスポット形成方法において、

前記電磁波又は電子線のマイクロスポットが基板上表面又は下地薄膜上表面に照射され、

前記照射された電磁波又は電子線に基づいて前記表面上に薄膜がデポジションされ、

10 前記電磁波又は電子線のマイクロスポットが薄膜のデポジションに使用されることを特徴とするマイクロスポット形成方法。

【請求項8】 前記請求項1乃至請求項4のいずれかに記載されるマイクロスポット形成方法において、

前記電磁波又は電子線のマイクロスポットが前記電磁波又は電子線で反応するレジスト膜の一部に照射され、

前記照射された電磁波又は電子線に基づいてレジスト膜がパターンニングされ、

前記電磁波又は電子線のマイクロスポットがレジスト膜のパターンニングに使用されることを特徴とするマイクロスポット形成方法。

【請求項9】 電磁波又は電子線が吸収できる吸収体と、

前記吸収体の外縁部から吸収体の周囲の領域に前記吸収体の表面に向かってコヒーレントな電磁波又は電子線を照射する電磁波照射源又は電子線照射源と、

を備え、

前記吸収体の裏面側で前記電磁波又は電子線が吸収体で遮られ吸収体の影となる領域に前記吸収体の外縁部で回折された電磁波又は電子線を集束し、前記吸収体のサイズに比べて小さいサイズを有し、かつ電磁波又は電子線

30 が集束される領域の周囲の電磁波強度又は電子線強度に比べて高い電磁波強度又は電子線強度を有する電磁波又は電子線のマイクロスポットを形成することを特徴とするマイクロスポット形成装置。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【産業上の利用分野】本発明はマイクロスポット形成方法及びその実施装置に関する。特に本発明は可視光、レーザー光、X線を含む電磁波又は電子線のマイクロスポット形成方法及びその実施装置に関する。本発明は微小サイズのマイクロスポットの使用が要求される分析技術分野、微細加工技術分野等に適用して有効である。

【0002】

【従来の技術】現在の微細加工技術の進展は目覚ましく、ナノメートルサイズの構造物の形成が可能な段階に達しつつある。微細な構造物の加工には電子線を用いた描画装置、STM、AFM等の針を利用した原子操作装置等が一般的に使用されている。一方、微細な構造物の評価にはTEM、SEM等の観察装置、前述の原子操作

50

(3)

特開平8-17714

3

装置に付随する観察装置などが一般的に使用されている。

【0003】ナノメートルサイズの構造物の加工においてX線が一部の技術分野例えば半導体製造技術分野等で研究開発的に使用されているが実用段階には及ばず、むしろ現在のところ加工にはX線がほとんど利用されていない。同様にナノメートルサイズの構造物の評価においてはX線回折、X線顕微鏡等にX線が多少利用されているが、評価にも余り活発的にX線が利用されていない。

【0004】前記微細な構造物の加工や評価においては電子線を利用するにせよX線を利用するにせよ高解像度が要求され、極微小サイズを有するスポットつまりマイクロスポットの形成（スポットサイズの縮小化）が本質的に重要である。すなわち、マイクロスポットが形成できれば、レジストの微細なパターンニング（露光）、物質の微細な領域のエッチング、微細な領域へのデポジション等の加工において幅広い応用が実現可能になる。マイクロスポットによる加工パターン形成はマイクロスポットが照射される試料の走査若しくはマイクロスポット自体の走査で行なえる。また、マイクロスポットが形成できれば、蛍光X線分析、光電子分析等の評価において幅広い応用が実現可能になる。

【0005】X線のマイクロスポットの形成方法においてはカーカーパトリック型の斜入射鏡を利用したマイクロスポットの形成方法、ウォルター型の斜入射鏡を利用したマイクロスポットの形成方法のいずれかが一般的に使用される。また、フレネルゾーンプレートを利用したマイクロスポットの形成方法の使用も一般的に行なわれている。前記カーカーパトリック型の斜入射鏡を利用する方法においては直径10 $\mu$ m程度の微細サイズのマイクロスポットが形成でき、実用化がなされている。ウォルター型の斜入射鏡を利用する方法においては直径1 $\mu$ m程度の微細サイズのマイクロスポットが実現されている。フレネルゾーンプレートを利用する方法においては直径30～50nm程度のマイクロスポットが実現されている。

【0006】

【発明が解決しようとする課題】しかしながら、前述のマイクロスポット形成方法においては以下の点の配慮がなされていない。第1に、カーカーパトリック型の斜入射鏡を利用するマイクロスポットの形成方法においては斜入射鏡の鏡面の加工形状の精度、表面粗さなどの加工技術の限界でマイクロスポットのスポットサイズが実質的に決定される。ウォルター型の斜入射鏡を利用するマイクロスポットの形成方法においても同様である。これらのマイクロスポットの形成方法においては現在のところ直径0.1 $\mu$ m程度のスポットサイズが当面の技術的限界である。

【0007】第2に、フレネルゾーンプレートを利用するマイクロスポットの形成方法においてはフレネルゾー

4

ンプレート加工技術特に複数本のX線透過帯及び不透透過帯の加工技術に限界があるので、直径30nm程度のスポットサイズが限界である。さらに、フレネルゾーンプレートを利用するマイクロスポットの形成方法においては複数本のX線透過帯で回折された回折光の干渉が発生し、回折光が干渉で強め合う領域に限られるので、マイクロスポットの焦点深度が比較的浅くなる。

【0008】本発明は上記課題を解決するためになされたものであり、本発明は以下のことを目的とする。第1に、本発明は微小サイズで高い電磁波強度又は電子線強度を有し、かつ焦点深度が深い電磁波又は電子線のマイクロスポットが形成できるマイクロスポット形成方法の提供を目的とする。第2に、本発明は上記マイクロスポットが形成できるマイクロスポット形成装置の提供を目的とする。

【0009】

【課題を解決するための手段】このような目的を達成するために、請求項1に係るマイクロスポット形成方法は、電磁波が吸収できる吸収体の外縁部から吸収体の周囲の領域に前記吸収体の表面に向かってコヒーレントな電磁波を照射し、前記吸収体の裏面側で前記電磁波が吸収体で遮られ吸収体の影となる領域に前記吸収体の外縁部で回折された電磁波を集束し、前記吸収体のサイズに比べて小さいサイズを有し、かつ電磁波が集束される領域の周囲の電磁波強度に比べて高い電磁波強度を有する電磁波のマイクロスポットを形成することを特徴とする。また、請求項1に係るマイクロスポット形成方法においては、同様に電子線のマイクロスポットを形成することを特徴とする。

【0010】請求項2に係るマイクロスポット形成方法は、前記請求項1に記載されるマイクロスポット形成方法においてコヒーレントな電磁波には可視光、レーザー光、X線のいずれかが使用されることを特徴とする。

【0011】請求項3に係るマイクロスポット形成方法は、前記請求項1又は請求項2に記載されるマイクロスポット形成方法において吸収体には平面形状が三角形、四角形、五角形以上の多角形、円形若しくは楕円形又はそれらを組み合わせた対称形状の吸収体を使用されることを特徴とする。

【0012】請求項4に係るマイクロスポット形成方法は、前記請求項1乃至請求項3のいずれかに記載されるマイクロスポット形成方法において吸収体の外周囲には輪帯開口を介して電磁波を遮蔽する遮蔽体が形成され、前記吸収体の輪帯開口内を通過するコヒーレントな電磁波が輪帯開口縁部で回折され、前記吸収体の裏面側で吸収体の影となる領域に前記吸収体の輪帯開口縁部で回折された電磁波を集束し、電磁波のマイクロスポットを形成したことを特徴とする。また、請求項4に係るマイクロスポット形成方法においては、同様に電子線のマイクロスポットを形成することを特徴とする。

(4)

特開平8-17714

5

【0013】請求項5に係るマイクロスポット形成方法は、前記請求項1乃至請求項4のいずれかに記載されるマイクロスポット形成方法において電磁波又は電子線のマイクロスポットが試料の分析に使用されることを特徴とする。

【0014】請求項6に係るマイクロスポット形成方法は、前記請求項1乃至請求項4のいずれかに記載されるマイクロスポット形成方法において前記電磁波又は電子線のマイクロスポットが被加工体のエッチングに使用されることを特徴とする。

【0015】請求項7に係るマイクロスポット形成方法は、前記請求項1乃至請求項4のいずれかに記載されるマイクロスポット形成方法において前記電磁波又は電子線のマイクロスポットが薄膜のデポジションに使用されることを特徴とする。

【0016】請求項8に係るマイクロスポット形成方法は、前記請求項1乃至請求項4のいずれかに記載されるマイクロスポット形成方法において前記電磁波又は電子線のマイクロスポットがレジスト膜のパターンニングに使用されることを特徴とする。

【0017】請求項9に係るマイクロスポット形成装置は、電磁波又は電子線が吸収できる吸収体と、前記吸収体の外縁部から吸収体の周囲の領域に前記吸収体の表面に向かってコヒーレントな電磁波又は電子線を照射する電磁波照射源又は電子線照射源と、を備え、前記吸収体の裏面側で前記電磁波又は電子線が吸収体で遮られ吸収体の影となる領域に前記吸収体の外縁部で回折された電磁波又は電子線を集束し、前記吸収体のサイズに比べて小さいサイズを有し、かつ電磁波又は電子線が集束される領域の周囲の電磁波強度又は電子線強度に比べて高い電磁波強度又は電子線強度を有する電磁波又は電子線のマイクロスポットを形成することを特徴とする。

【0018】

【作用】請求項1に係るマイクロスポット形成方法においては、第1に、前記吸収体の周囲の領域に照射された電磁波が吸収体の外縁部で回折され吸収体の裏面側で吸収体の影となる領域に回り込み、この回り込んだ電磁波が集束される。コヒーレントな電磁波が使用されるので、集束された電磁波においては位相が互いに一致し干渉し、電磁波強度が高くなる。逆に集束されない電磁波においては位相が互いに一致せず干渉し合わないで、電磁波強度が弱くなる。この結果、微小サイズで高い電磁波強度を有する電磁波のマイクロスポットが形成できる。第2に、マイクロスポット形成方法においては、前記吸収体の周囲の領域に照射されたコヒーレントな電磁波が吸収体の外縁部で回折される現象が利用される。吸収体自体の形状が直接マイクロスポットの形状になるのではなく、吸収体の外縁部の形状が回折され縮小（集束）され、吸収体の外縁部の形状が回折現象を経て間接的にマイクロスポットの形状になる。従って、吸収体の

6

加工形状の精度、吸収体の表面粗さ等、吸収体の加工精度そのものに左右されず、吸収体の加工限界よりも微小サイズを有するマイクロスポットが形成できる。第3に、マイクロスポット形成方法においては、前記吸収体の周囲の領域に照射されたコヒーレントな電磁波が吸収体の外縁部で回折される現象が利用される。吸収体の裏面側（吸収体の影となる領域）で電磁波の照射軸（光軸）上ではどの位置においても集束された電磁波の位相が互いに一致し干渉し、電磁波強度が高くなる。従って、電磁波の照射軸のいずれにおいても微小サイズで高い電磁波強度を有する電磁波のマイクロスポットが形成できるので、焦点深度が深いマイクロスポットが形成できる。これらの作用効果は電子線のマイクロスポット形成方法においても同様に得られる。

【0019】請求項2に係るマイクロスポット形成方法においては、前記請求項1に記載されるマイクロスポット形成方法で得られる作用効果の他に前記コヒーレントな電磁波には可視光、レーザー光、X線のいずれでも使用ができる。

20 【0020】請求項3に係るマイクロスポット形成方法においては、前記請求項1又は請求項2に記載されるマイクロスポット形成方法で得られる作用効果の他に前記吸収体の平面形状が対称形状で形成され、吸収体の外縁部で回折される電磁波の集束効率が向上できる。従って、より一層微小サイズで高い電磁波強度を有する電磁波のマイクロスポットが形成できる。電子線のマイクロスポットにおいても同様の作用効果が得られる。

30 【0021】請求項4に係るマイクロスポット形成方法においては、前記請求項1乃至請求項3のいずれかに記載される発明で得られる作用効果の他に吸収体の表面に向かって照射された余分な電磁波又は電子線が遮蔽体で遮蔽できる。

【0022】請求項5に係るマイクロスポット形成方法においては、前記マイクロスポットを利用する試料の分析が高精度で行なえる。

【0023】請求項6に係るマイクロスポット形成方法においては、前記マイクロスポットを利用する被加工体のエッチングが高精度で行なえる。

40 【0024】請求項7に係るマイクロスポット形成方法においては、前記マイクロスポットを利用する薄膜のデポジションが高精度で行なえる。

【0025】請求項8に係るマイクロスポット形成方法においては、前記マイクロスポットを利用するレジスト膜のパターンニングが高精度で行なえる。

【0026】請求項9に係るマイクロスポット形成装置においては、前記請求項1に記載されるマイクロスポット形成方法において得られる電磁波又は電子線のマイクロスポットが形成できる。

【0027】

50 【実施例】以下、本発明の好適な実施例について、図面

(5)

特開平8-17714

7

を用いて説明する。本実施例に係るマイクロスポット形成方法においては電磁波として主にX線が使用される。

#### 【0028】基本原理

まず、本実施例に係るX線のマイクロスポット形成方法の基本原理について説明する。図1はX線のマイクロスポット形成方法を説明する基本原理図である。図1に示すようにX線のマイクロスポット形成方法においては基本的にX線照射源1、マイクロスポット照射面2及び吸収体3が備えられる。

【0029】前記X線照射源1においては吸収体3の表面に向かってX線4Aが照射される。X線照射源1から照射されるX線4Aには空間的にコヒーレントな平面波又は球面波が使用される。前記X線4Aは吸収体3及びその周囲の領域に照射されるが、基本的には少なくとも吸収体3の外縁部から吸収体3の周囲の領域までの間の範囲においてX線4Aが照射される。吸収体3は表面に照射されるX線4Aを吸収し又はX線4Aを遮蔽する。

【0030】前記吸収体3においては、X線照射源1から照射されるX線4Aの一部が波動光学的効果に基づき外縁部で回折され、回折された回折X線4Bが形成される。前記回折X線4Bは吸収体3の裏面側で前記X線4Aが吸収体3で遮られ吸収体3の影となる領域（幾何光学的影の部分）において集束され、マイクロスポット照射面2において回折X線4Bが集束されたマイクロスポット4Cが形成される。吸収体3の裏面側において回折X線4BはX線4Aの照射軸（光学中心軸）上に集束される。X線4Aにはコヒーレントな平面波又は球面波が使用されるので、集束された回折X線4Bにおいては位相が互いに一致し干渉し、回折X線4Bの強度つまりマイクロスポット4CのX線強度が高くなる。逆に集束されない回折X線4Dにおいては位相が互いに一致せず干渉し合わないで、X線強度が弱くなる。従って、微小サイズで高いX線強度を有する回折X線4Bのマイクロスポット4Cが形成できる。

【0031】前記X線照射源1から照射されるコヒーレントなX線4Aは吸収体3の外縁部で内側に回折される。つまり、吸収体3自体の形状が直接マイクロスポット4Cの平面形状になるのではなく、吸収体3の外縁部の平面形状が回折され縮小（集束）され、吸収体3の外縁部の形状が回折現象を経て間接的にマイクロスポット4Cの平面形状になる。従って、吸収体3の加工形状の精度、吸収体3の表面粗さ等、吸収体3の加工精度そのものに左右されず、吸収体3の加工限界よりも微小サイズを有するマイクロスポット4Cが形成できる。

【0032】さらに、前記吸収体3の裏面側でX線4Aの照射軸上にはどの位置においても集束された回折X線4Bの位相が互いに一致し干渉し合うので、照射軸上のX線強度が高く照射軸の周囲のX線強度が弱くなり、X線強度に分布が発生する。このX線強度の分布はエアリーの回折像と同一になる。しかも、理論的には照射軸上

8

において無限に長いX線強度の高い分布が生成され、表現を変えれば照射軸上に沿ってX線強度が高いX線の楕円のようなものが生成される。従って、焦点深度が深い特に従来のフレネルゾーンプレートを利用し形成されるマイクロスポットに比べて遙かに焦点深度が深いマイクロスポット4Cが形成できる。

【0033】前記吸収体3においては回折X線4Bの集束が効率良く行われるために基本的に平面形状が対称形状で構成される。本原理において吸収体3の平面形状には円形状が使用される。なお、本発明においては図2（A）～図2（E）に示す三角形、四角形、五角形以上の多角形若しくは楕円形の対称形状で平面形状が形成される吸収体3が使用できる。さらに、本発明においては図2（F）～図2（H）に示す円形を含む前述の形状が組み合わされ対称形状で平面形状が形成される吸収体3が使用できる。

【0034】一方、実用的なマイクロスポット形成方法で使用する吸収体3においては図3に示すように外周部に輪帯開口（リング形状の開口）31を介して遮蔽体32が配置される。遮蔽体32は基本的にはX線4Aを遮蔽する機能を備えるが、遮蔽体32は吸収体3と同様にX線4Aを吸収する機能を備えてもよい。吸収体3の表面に向かって照射されるX線4Aは輪帯開口31内を通過し、輪帯開口31内を通過するX線4Aのうち吸収体3の外縁部（輪帯開口縁部）で回折される回折X線4Bでマイクロスポット4Cが形成される。つまり、吸収体3及び遮蔽体31でX線4Aの照射範囲（照射量）が制限され、輪帯開口31内を通過し回折された回折X線4Bでマイクロスポット4Cが形成され、余分なX線4Aが遮蔽体31で遮蔽できる。

【0035】図4は前述の吸収体3、輪帯開口31及び遮蔽体32を備えたマイクロスポット形成用プレートの具体的構成を示す一例の断面図である。図4に示すようにマイクロスポット形成用プレートにおいてはX線透過基材33の表面（又は裏面）上に吸収体3、輪帯開口31及び遮蔽体32が配置される。

【0036】なお、前述のマイクロスポット形成方法の基本原理はX線に限らない。すなわち、電磁波であれば前述の基本原理に基づくマイクロスポットが形成できるので、可視光、レーザー光のいずれにおいてもマイクロスポットが形成できる。さらに、電子線においてもマイクロスポットが形成できる。

#### 【0037】解析例1

マイクロスポット形成方法においてHe-Neレーザーを照射源として可視光を真円度の高いボールベアリング（吸収体3）に照射した場合に実際に前述の基本原理の通りにマイクロスポットが形成できる事実を本発明者は確認している。X線を使用した場合に前述の基本原理の通りにマイクロスポットが形成できることを確認した計算機によるシミュレーション結果を以下に説明する。

(5)

特開平8-17714

9

10

【0038】図5は回折X線4Bが集束されたマイクロスポット4CのX線強度を計算する計算モデルである。計算には吸収体3、輪帯開口31及び遮蔽体32を備えたマイクロスポット形成用プレートが使用され、計算領域が有限に抑えられる。図5において吸収体3の中心円の半径は $r$ 、輪帯開口31の幅は $d_r$ 、X線4Aの波長は $rmd$ である。吸収体3の裏面からマイクロスポット照射面2までの距離つまりX線強度の計算を行う距離は $gap$ である。X線強度の分布の計算にはキルヒフオフィの回折式(参考文献:Born & Wolf, Principles of Optics, 6th edition, Pergamon, (1980).)が使用される。

【0039】図6及び図7は具体的に各パラメータに数値を与え解析を行った結果を示すX線強度分布図である。各パラメータに与えた数値は以下の通りである。

距離 $gap = 0.5\text{ mm}$

波長 $rmd = 5\text{ nm}$

半径 $r = 50\text{ }\mu\text{m}$

幅 $d_r = 30\text{ nm}$

図6、図7はいずれも同一結果を示すX線強度分布図であり、横軸は中心軸からの距離を示し、縦軸はX線強度を示す。図6に示すX線強度分布と図7に示すX線強度分布との間は横軸のスケールのとり方が違うだけである。

【0040】このような条件下においてマイクロスポット照射面2に形成されたマイクロスポット4Cのスポットサイズは図6及び図7に示すように半値幅(半径)で約20nmである。つまり、吸収体3のサイズに比べて約2500分の1の微小サイズにおいてマイクロスポット4Cが形成できる。

【0041】しかも、マイクロスポット4Cにおいては回折X線4Bが集束されない領域に比べて非常に高いX線強度が得られる。特に輪帯開口31の幅 $d_r$ が小さく設定され余分なX線4Aが排除されているので、ノイズの発生量が減少され、マイクロスポット4CのX線強度がノイズに比べて遥かに高くなる。輪帯開口31の幅 $d_r$ が広くなると回折X線4Bの中心軸上への集束が破れ、輪帯開口31の位置に強いX線強度の分布が表れるので、マイクロスポット4Cにおいて微小サイズが実現できない。本解析例において設定された輪帯開口31の幅 $d_r$ すなわち30nmは本発明の効果を比較するために現在一般に使用されるフレネルゾーンプレートの最小加工線幅と同一の値を使用した。

#### 【0042】解析例2

次に、マイクロスポット形成方法において可視光を使用した場合の解析結果は以下の通りである。

【0043】図8及び図9は具体的に各パラメータに数値を与え解析を行った結果を示す可視光の強度分布図である。各パラメータに与えた数値は以下の通りである。

距離 $gap = 1.0\text{ mm}$

波長 $rmd = 0.633\text{ }\mu\text{m}$

半径 $r = 5.0\text{ mm}$

幅 $d_r = 1.0\text{ }\mu\text{m}$

前述の解析例1と同様に図8、図9はいずれも同一結果を示す可視光の強度分布図であり、横軸は中心軸からの距離を示し、縦軸はX線強度を示す。

【0044】このような条件下においてマイクロスポット照射面2に形成された可視光のマイクロスポット4Cのスポットサイズは図8及び図9に示すように半値幅で約0.6~0.7 $\mu\text{m}$ である。つまり、吸収体3のサイズに比べて遥かに微小サイズにおいてマイクロスポット4Cが形成でき、しかもマイクロスポット4Cにおいては非常に高い可視光強度が得られる。

#### 【0045】解析例3

次に、前述のマイクロスポット形成方法においてマイクロスポット4Cのスポットサイズ $S$ 、波長 $rmd$ 及び吸収体3のサイズには特定の相関関係が存在する。この相関関係は以下の通りである。マイクロスポット4Cにおいては吸収体3の外縁部で回折されたX線等の電磁波がスポットサイズ $S$ を決定するので、基本的に下記の比例式が成り立つ。

$$S \sim rmd / r$$

図10には距離 $gap$ 及び波長 $rmd$ を固定した場合において吸収体3のサイズ(半径 $r$ )とスポットサイズ $S$ との間の関係を示す。図10に示すように、吸収体3のサイズ(半径 $r$ )の増加に従ってスポットサイズ $S$ が減少し、逆に吸収体3のサイズの減少に従ってスポットサイズ $S$ が増加する。

【0046】図11には距離 $gap$ 及び吸収体3のサイズ(半径 $r$ )を固定した場合において波長 $rmd$ とスポットサイズ $S$ との間の関係を示す。図11に示すように、波長 $rmd$ の増加に従ってスポットサイズ $S$ が増加し、逆に波長 $rmd$ の減少に従ってスポットサイズ $S$ が減少する。

【0047】図10、図11に示すいずれの関係においても上記比例式に一致した結果が得られる。

#### 【0048】解析例4

次に、前述のマイクロスポット形成方法においてマイクロスポット4Cの焦点深度について説明する。

【0049】図12はマイクロスポット4Cの焦点深度の評価を行う測定モデルである。各パラメータは波長 $rmd$ が5.0nm、吸収体3の半径 $r$ が50.0 $\mu\text{m}$ に設定される。この条件下において距離 $gap$ を0.9mm、1.0mm、1.1mmに順次変化させ、各距離 $gap$ において回折X線4Bが集束され形成されたマイクロスポット4CのX線強度分布を図13乃至図15に示す。図13には距離 $gap$ が0.9mmに設定された場合においてX線強度の分布を示す。図14には距離 $gap$ が1.0mmに設定された場合においてX線強度の分布を示す。図15には距離 $gap$ が1.1mmに設定さ

(7)

特開平8-17714

11

れた場合においてX線強度の分布を示す。

【0050】図13乃至図15に示すようにX線強度分布に多少の変動は見られるものの、マイクロスポット4Cにおいては焦点深度が変化してもスポットサイズS、スポット形状、X線強度がほぼ一定になる結果が得られる。従って、本発明に係るマイクロスポット形成方法においては通常の光学システムを利用してマイクロスポットを形成する場合に比べて非常に深い焦点深度が得られる。

#### 【0051】解析例5

次に、前述の図6及び図7に示すX線強度分布に基づき微小構造物の加工や評価に利用できるX線強度が得られるか否かについて解析する。

【0052】まず初めに、吸収体3の裏面側においては照射軸（中心軸）上のX線強度が強いので、輪帯開口31に入射した光子の大半がマイクロスポット4Cに集束すると仮定する。このとき、輪帯開口31のフォトンフラックスをF（光子数/m<sup>2</sup>・s）とすると単位時間当たりの光子数Nは次式で表わされる。

$$N = F * 2 * \pi * r * dr \sim 10^{11} F$$

SR（Synchrotron Radiation）のアンジュレータ光などにおいてはフォトンフラックスFは10<sup>14</sup>～10<sup>16</sup>/m<sup>2</sup>・s程度が可能であるから光子数Nは10<sup>25</sup>～10<sup>27</sup>程度になる。

【0053】従って、本発明に係るマイクロスポット形成方法で形成されるマイクロスポット4Cを蛍光X線分析に利用する場合においては、蛍光X線の効率が0.1～1%程度で蛍光X線が単位時間あたり1～10<sup>3</sup>ケ程度検出できる。この数値は十分に検出可能な範囲であり、蛍光X線分析への利用が実現できる。同様に光電子分析についてもマイクロスポット4Cが利用できると考えられる。

【0054】一方、吸収体3の裏面側において照射軸上に集束され形成されるマイクロスポット4CのX線強度P（W/m<sup>2</sup>）はスポットサイズの半径をsとして次式で表わされる。

$$\begin{aligned} P &= N * h \omega / (\pi * s^2) \\ &\sim N * 4 * 10^{-17} / (3.14 * (10^{-8})^2) \\ &\sim 0.1 N \end{aligned}$$

つまり、X線強度Pは10<sup>2</sup>～10<sup>4</sup> W/m<sup>2</sup>程度になる。

【0056】従って、本発明に係るマイクロスポット形成方法で形成されるマイクロスポット4Cをレジスト膜のパターンニングに利用する場合においては、レジストの感度が10<sup>2</sup>～10<sup>4</sup> J/m<sup>2</sup>程度であるのでレジスト膜のパターンニング、具体的にはレジスト膜の露光には十分に実用的なX線強度が得られる。

【0057】さらに、本発明に係るマイクロスポット形成方法で形成されるマイクロスポット4Cは被加工体（特に薄膜）のエッチング、薄膜のデポジションのい

12

れにも利用できる。エッチング、デポジションにおいてはいずれの場合も若干X線強度が不足すると考えられるが、X線強度の不足の部分は露光設定で対処できる。例えば、エッチングにおいては反応が促進されるエッチングガスが使用され、また反応が促進される温度や圧力が使用される。また、デポジションにおいても同様である。

#### 【0058】応用例1

図16は前述のマイクロスポット形成方法で形成されるマイクロスポット4Cを利用した分析装置のシステム概念図である。図16に示すように、分析装置においてはX線照射源1から照射されたX線4Aが吸収体3で回折され、試料21の表面上に回折された回折X線4Bのマイクロスポット4Cが照射される。マイクロスポット4Cの照射で試料21から回折される回折電磁波又は試料21から発生する2次的な電磁波が検出器10で検出される。

#### 【0059】応用例2

図17は前述のマイクロスポット形成方法で形成されるマイクロスポット4Cを利用したエッチング装置のシステム概念図である。図17に示すように、エッチング装置においてはX線照射源1から照射されたX線4Aが吸収体3で回折され、被加工体22の表面上に回折された回折X線4Bのマイクロスポット4Cが照射される。被加工体22は反応性ガス雰囲気中に配置されており、マイクロスポット4Cの照射で反応性ガスが反応し、被加工体22の表面が選択的にエッチングされる。

#### 【0060】応用例3

図18は前述のマイクロスポット形成方法で形成されるマイクロスポット4Cを利用したデポジション装置のシステム概念図である。図18に示すように、デポジション装置においてはX線照射源1から照射されたX線4Aが吸収体3で回折され、基板又は下地薄膜23の表面上に回折された回折X線4Bのマイクロスポット4Cが照射される。基板又は下地薄膜23は反応性ガス雰囲気中に配置されており、マイクロスポット4Cの照射で反応性ガスが反応し、基板又は下地薄膜23の表面上に選択的に薄膜11が生成される。

#### 【0061】応用例4

図19は前述のマイクロスポット形成方法で形成されるマイクロスポット4Cを利用したレジスト露光装置のシステム概念図である。図19に示すように、レジスト露光装置においてはX線照射源1から照射されたX線4Aが吸収体3で回折され、基板又は下地薄膜23の表面上に塗布若しくはラミネートされたレジスト膜12の一部に回折された回折X線4Bのマイクロスポット4Cが照射される。マイクロスポット4Cの照射でレジスト膜12の一部が露光され、この後現像によりレジスト膜12がパターンニングされる。

【0062】なお、本発明は、前記実施例に限定される



(8)

特開平 8-17714

13

ものではなく、その要旨を逸脱しない範囲において、種々変更できる。

【0063】

【発明の効果】以上説明したように、本発明においては、第1に、微小サイズで高い電磁波強度を有し、かつ焦点深度が深い電磁波のマイクロスポットが形成できるマイクロスポット形成方法が提供できる。

【0064】第2に、上記マイクロスポットが形成できるマイクロスポット形成装置が提供できる。

【図面の簡単な説明】

【図1】本発明の一実施例に係るマイクロスポット形成方法の基本原理を説明するモデル図である。

【図2】(A)～(H)は各々前記マイクロスポット形成方法で使用される吸収体の平面図である。

【図3】前記マイクロスポット形成方法で実用的に使用される吸収体の構成図である。

【図4】マイクロスポット形成用プレートの具体的構成を示す断面図である。

【図5】前記マイクロスポット形成方法で得られるスポット強度を解析するモデル図である。

【図6】X線強度とスポットサイズとの関係を示す図である。

【図7】X線強度とスポットサイズとの関係を示す図である。

【図8】可視光強度とスポットサイズとの関係を示す図である。

【図9】可視光強度とスポットサイズとの関係を示す図である。

【図10】吸収体サイズとスポットサイズとの関係を示す図である。

10

\*【図11】波長とスポットサイズとの関係を示す図である。

【図12】スポットの焦点深度を解析するモデル図である。

【図13】X線強度とスポットサイズとの関係を示す図である。

【図14】X線強度とスポットサイズとの関係を示す図である。

【図15】X線強度とスポットサイズとの関係を示す図である。

【図16】分析装置のシステム概念図である。

【図17】エッチング装置のシステム概念図である。

【図18】デポジション装置のシステム概念図である。

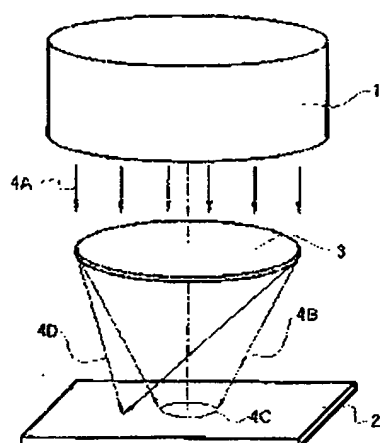
【図19】レジスト露光装置のシステム概念図である。

【符号の説明】

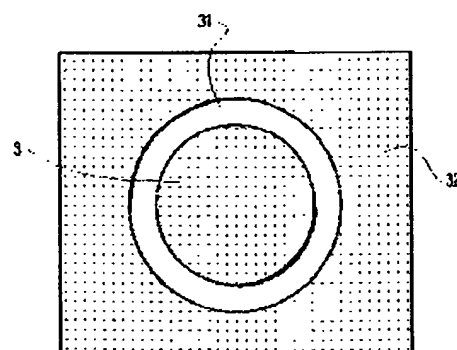
- 1 X線照射源
- 2 マイクロスポット照射面
- 3 吸収体
- 4 A X線
- 4 B、4 D 回折X線
- 4 C マイクロスポット
- 10 検出器
- 11 薄膜
- 12 レジスト膜
- 21 試料
- 22 被加工体
- 23 基板又は下地薄膜
- 31 輪帯開口
- 32 遮蔽体

\* 30

【図1】



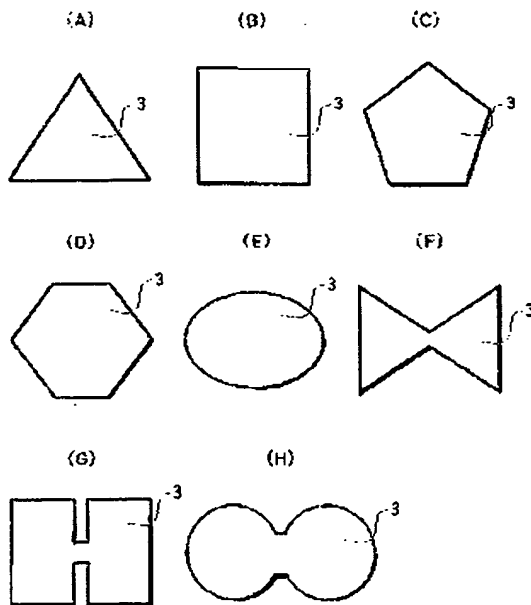
【図3】



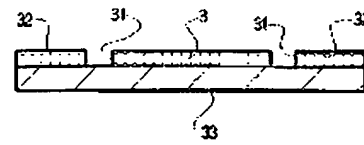
(9)

特開平8-17714

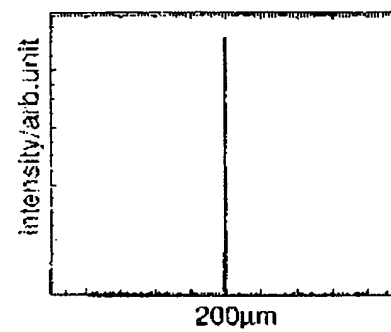
【図2】



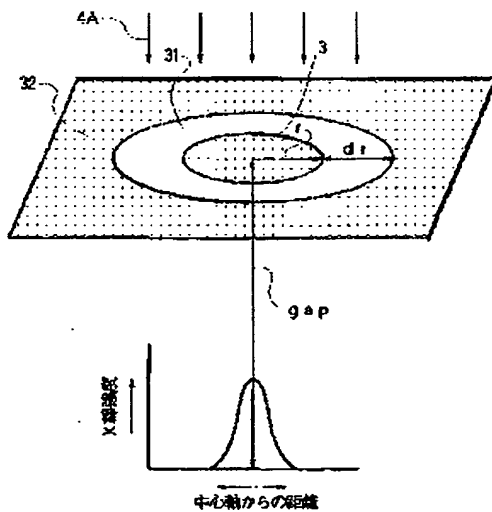
【図4】



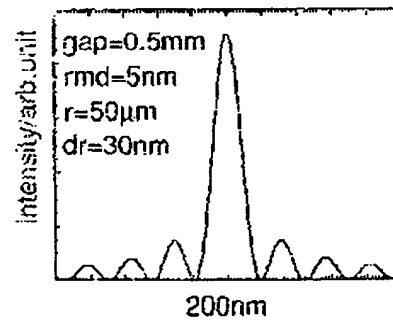
【図7】



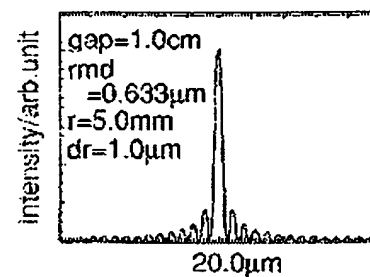
【図5】



【図6】



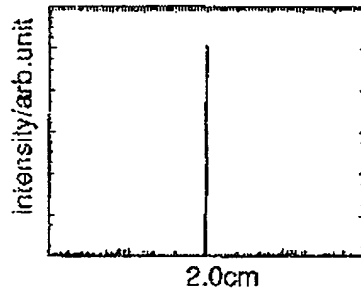
【図8】



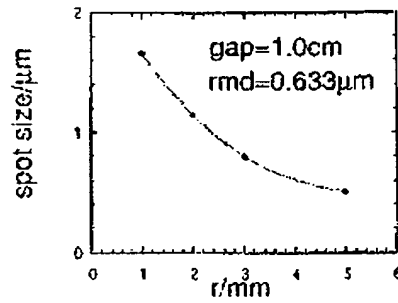
(10)

特開平8-17714

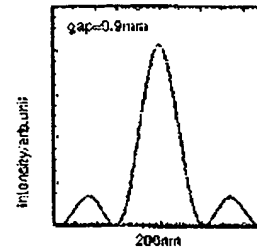
【図9】



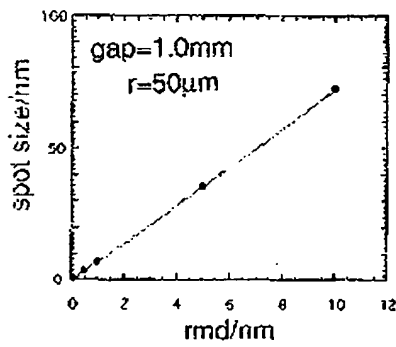
【図10】



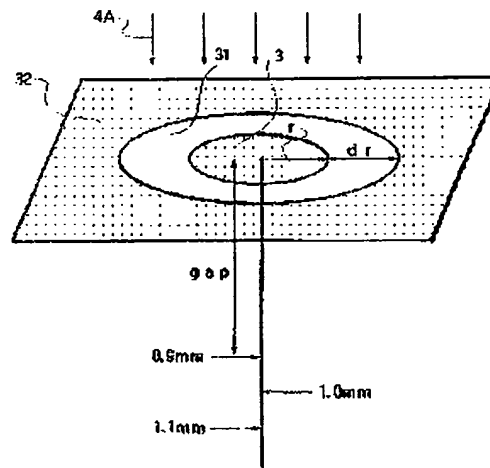
【図13】



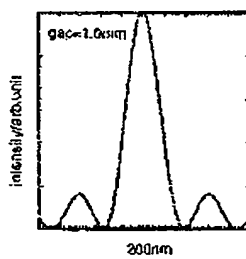
【図11】



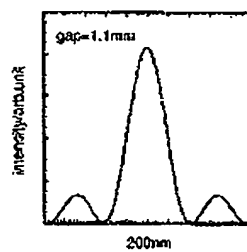
【図12】



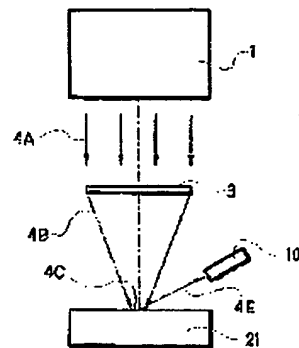
【図14】



【図15】



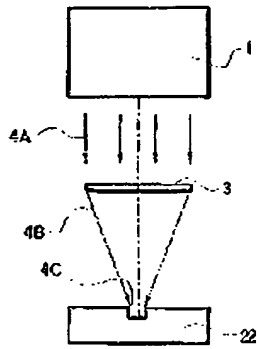
【図16】



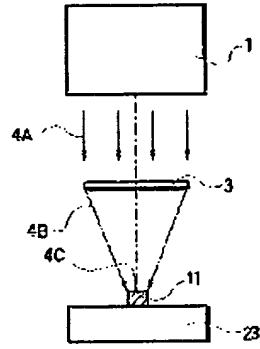
(11)

特開平8-17714

【図17】



【図18】



【図19】

